

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



“ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE TRÁFICO DE VOZ IP SEGÚN
MODELO ERLANG B, PARA UN PUNTO DE ACCESO WIFI-UPAO,
MEDIANTE MEDICIONES REALIZADAS EN EL LABORATORIO
DE TELECOMUNICACIONES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR
ORREGO”

**TESIS PARA OBTENER EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
TELECOMUNICACIONES Y REDES
LINEA DE INVESTIGACION: TELECOMUNICACIONES**

AUTORES :

Br. Carlos Alberto Magán Pérez.
Br. Diego Urías Torres Campos.

ASESOR :

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

Trujillo - Perú

2016

ACREDITACIONES

**“ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE TRÁFICO DE VOZ IP
SEGÚN MODELO ERLANG B, PARA UN PUNTO DE ACCESO
WIFI-UPAO, MEDIANTE MEDICIONES REALIZADAS EN EL
LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO”**

Elaborado Por:

Br. Carlos Alberto Magán Pérez.

Br. Diego Urías Torres Campos.

Aprobado por :

Ing. FILIBERTO AZABACHE
FERNÁNDEZ
PRESIDENTE CIP N° 97916

Ing. JORGE EGUSQUIZA GORRITTI
SECRETARIO CIP N° 145633

Ing. LUIS ALVARADO RODRÍGUEZ
VOCAL CIP N° 149200

Ing. EDUARDO ELMER CERNA
SÁNCHEZ
ASESOR CIP N° 80252

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones y Redes para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones y Redes, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE TRÁFICO DE VOZ IP SEGÚN MODELO ERLANG B, PARA UN PUNTO DE ACCESO WIFI-UPAO, MEDIANTE MEDICIONES REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO”**.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusándonos anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Mayo del 2016

Br. Carlos Alberto Magán Pérez.

Br. Diego Urias Torres Campos.

DEDICATORIAS

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y paciencia.

A mis padres por brindarme su apoyo, fortaleza incondicional y ánimos para salir adelante.

Sobre todo a mis amores mi esposa y mi hija por ayudarme a ser cada día mejor.

A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia para el desarrollo de mi Tesis.

Carlos Alberto.

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, por guiarme por el camino que ha trazado para mí.

A mi madre por el esfuerzo y dedicación que puso en mí para poder alcanzar mis sueños y metas.

A mi novia por siempre creer en mí y apoyarme en todo este largo camino profesional.

A mis profesores, amigos, compañeros y en especial a mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia y dedicación en el proceso de realizar esta tesis.

Diego Urías.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de seguir superarnos profesionalmente para establecer objetivos, realizar metas y cumplir responsabilidades.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para el desarrollo del Proyecto de Tesis y abrirnos el camino hacia el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de ingeniería electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para el desarrollo profesional.

A nuestros padres por enseñarnos que la mejor herencia es la educación, por sus consejos, valores, motivación y amor.

A nuestro asesor de tesis, el Ingeniero Eduardo Cerna Sánchez, por su confianza y apoyo en el transcurso de toda la investigación.

A todos Gracias

RESUMEN

La presente investigación se centra en el análisis de parámetros mediante mediciones realizadas en el laboratorio de telecomunicaciones de la escuela de ingeniería electrónica de la Universidad Privada Antenor Orrego de la ciudad de Trujillo Perú, con el fin de estimar la capacidad de tráfico de voz que puede soportar un Access Point de la Red WiFi UPAO. Se presenta el marco teórico correspondiente al modelo de tráfico erlang B para luego presentar los materiales y procedimientos de la investigación. Se hicieron pruebas experimentales para poder realizar llamadas de voz recolectándolas para establecer parámetros que puedan ser contrastados con las estimaciones del modelo teórico. Al terminar las pruebas de llamadas para un AP con 14 usuarios se llega a determinar que el equivalente a Erlang B es de 14 troncales, se hicieron pruebas de llamadas midiendo los tiempos de ocupación, calculando el volumen de tráfico y estimando el tráfico cursado y a partir de las mediciones se obtuvo el equivalente de troncales en Erlang B. Los resultados son discutidos y se presentan finalmente las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

ABSTRACT

This research focuses on the analysis parameters measurements carried out in the laboratory telecommunication School of Electronic Engineering Private University Antenor Orrego of the city of Trujillo Peru, in order to estimate the capacity of voice traffic that can Access Point support a WiFi Network UPAO. The corresponding theoretical framework to Erlang B traffic model is presented and present the materials and methods of research. Experimental tests were made to make calls from collecting them to set parameters that can be compared with estimates of the theoretical model voice.

To finish tests call for an AP with 14 users will get to determine that the equivalent of Erlang B is 14 trunks, test calls measuring occupation times, calculating the volume of traffic and estimating traffic were coursed and from measurements of the equivalent of stem Erlang B was obtained. The results are discussed and finally presented the findings and recommendations of work.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	11
1. Planteamiento del problema	13
2. Formulación del problema	14
3. Hipótesis.....	15
4. Objetivos de la Investigación	15
4.1 General.....	15
4.2 Específicos	15
II. MARCO TEORICO	16
1. Antecedentes de la Investigación	17
2. Fundamentación teórica de la Investigación	20
2.1 Teoría del Wi-Fi	20
2.2 Access Point	23
2.3 Accesorio Wi-Fi.....	24
2.4 Dirección IP.....	25
2.5 Mascara de Subred.....	25
2.6 Servidores DNS	25
2.7 WEP	26
2.8 WPA.....	26
2.9 SSID	26
2.10 DHCP	26
2.11 Dirección MAC	27
2.12 Infraestructura.....	27
2.13 Estructura de una red Wi-Fi	27
2.14 Trafico T.....	28
2.15 Mediciones de Trafico.....	28
2.16 Unidad Erlang	28
2.17 Formula Erlang B.....	29
2.18 Transmision Wi-Fi.....	32
2.19 Central Telefonica.....	33
2.20 Elastix.....	34
2.21 Wimax	35
3. Definición de términos básicos	35

III. MATERIAL Y PROCEDIMIENTOS	37
1. Materiales	38
1.1 Población	38
1.2 Muestra	38
1.3 Unidad de Análisis.....	38
1.4 Metodología	38
1.5 Variables y definición operacional	39
1.5.1 Variable Independiente	39
1.5.2 Variable Dependiente.....	40
1.6 Técnicas e instrumentos de recolección	43
IV. RESULTADOS	48
1. Resultados	49
V. Conclusiones.....	54
VI. Recomendaciones	55
VII. Referencias Bibliográficas	56
VIII. Anexos	59

Índice de Tablas

Tabla-4. Variable Independiente.....	41
Tabla-5. Variable Dependiente	42

Índice de Imágenes

Imagen-1. Puntos de Acceso.....	23
Imagen-2. Frecuencia y Ancho de Banda de Diferentes Canales.....	24
Imagen-3. Dispositivos de Acceso remoto	24
Imagen-4. Estructura Básica de una red Wi-Fi	27
Imagen-5. Prueba de 14 min por usuario en escalera	43
Imagen-6. Prueba Simultánea	44
Imagen-7. Prueba de accesibilidad	45
Imagen-8. Imagen de las Pruebas de llamadas realizadas	46
Imagen-9. Ficha de Recolección de Datos	47
Imagen-10. Pruebas realizadas	50
Imagen-11. Tabla de Erlang B posibles respuestas	51
Imagen-12. Tabla de Erlang B variando resultados	52

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta que la Universidad de Privada Antenor Orrego cada vez se está consolidando como una o la mejor Universidad del Norte del país nos damos cuenta que esto lleva consigo responsabilidades en cuanto al número de personas que trabajan, la calidad del servicio que prestan y la comunicación constante con los clientes, este último es muy importante para el desarrollo y el poder mantenerse en el mercado, por esta razón cada día hay que estar actualizándose con nuevas tecnologías que van apareciéndose, siempre y cuando permita una mejora para el buen funcionamiento de la Universidad.

La voz sobre IP es una alternativa muy acogedora por la calidad del servicio y por sus bajos costos. En la entrevista realizada el Ingeniero encargado del DSII UPAO Christian Obregón manifiesta que si bien se ha implementado el servicio de telefonía IP en el campus de la universidad teniendo como soporte principal el acceso LAN, en cuanto al acceso inalámbrico como soporte para este servicio, se ha implementado de manera incipiente a través de los APs de la red WiFi UPAO, al no tener certeza de la capacidad de tráfico de voz o troncales equivalentes que pueden ser cursadas a través de dichos puntos de acceso.

Las Redes Inalámbricas son una red de ordenadores en la que el medio de transmisión utilizado son las ondas de radio a través del aire (Cesar Santamaría, Víctor Tejada: Prueba de un Concepto de un Sistema de Telefonía VoIP utilizando redes inalámbricas de tipo Mesh, Panamá – Septiembre 2010).

- **Características problemáticas**

Incertidumbre respecto de la capacidad de tráfico de voz que pueden soportar los Access Point de la Red WiFi UPAO.

- **Análisis de características problemáticas**

Los diferentes modelos de Access Point soportan diferentes tipos de conexiones y su cuadro de características técnicas hace mención a parámetros específicos tales como ganancia de antenas, potencia de transmisión, umbrales de calidad, velocidad de transmisión, entre otros.

Zerihun Abate (2009) indica que según el estándar IEEE 802.11b, la velocidad máxima de un Access Point es de 11 Mbps. Considerando una codificación por cada comunicación telefónica equivalente a 64 kbps, y una carga de cabeceras de trama que reducen la velocidad útil del estándar al 80%, se tendrían capacidades teóricas de 16 comunicaciones telefónicas simultáneas. En el caso de una implementación 802.11g, el número se elevaría a 78 comunicaciones de voz simultáneas, y en el caso de 802.11n, el número podría elevarse a 156 comunicaciones. La incertidumbre respecto de la contrastación de estos valores teóricos ha llevado a los encargados de la planificación de la red WiFi UPAO a implementar sólo un teléfono inalámbrico en oficinas administrativas específicas.

Delimitación del Problema

El problema se enfoca hacia la determinación experimental de las capacidades de tráfico según el modelo Erlang B, de un punto de acceso perteneciente a la red inalámbrica del Campus UPAO Trujillo.

2. Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad de tráfico ofrecido según el modelo Erlang B, que puede soportar un punto de acceso de la red inalámbrica del campus de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo?

3. Hipótesis

Mediante mediciones llevadas a cabo en el laboratorio de Telecomunicaciones de la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada Antenor Orrego se podrán determinar las capacidades de tráfico según modelo Erlang B de un punto de acceso de la red WiFi-UPAO.

4. Objetivos de la Investigación

4.1 General

Estimar la capacidad de tráfico ofrecido que puede soportar un punto de acceso de la red inalámbrica a partir de mediciones realizadas en el campus de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

4.2 Específicos

- Implementar un sistema estándar de telefonía IP basado en servidor Asterisk y acceso inalámbrico mediante un AP en el campus UPAO.
- Realizar mediciones de tráfico, para el sistema de servidor Asterisk y acceso mediante un AP en WLAN en una red WiFi del campus UPAO.
- Determinar a partir de las mediciones realizadas, los parámetros de tráfico ofrecido en el acceso WLAN mediante un AP en una red WiFi en el campus UPAO.

CAPITULO II

MARCO

TEÓRICO

1. Antecedentes de la Investigación

Se encontraron tres investigaciones preliminares para la investigación

a. “Modeling and Characterization of Large-Scale Wi-Fi Traffic in Public Hot-Spots”

Autores : Amitabha Ghosh.

Fuentes : Reporte académico de la Universidad de Princeton

Ubicación : Universidad de Princeton

Año : 2011

Resumen

Esta memoria se basa en mediciones del lado del servidor desde varios puntos de acceso Wi-Fi desplegado en una red inalámbrica a través de diferentes tipos lugares, se utilizan para medir las diferencias en los volúmenes de tráfico y patrones. El enfoque del estudio realizado tiene muchos elementos novedosos:

- Se modela la distribución de cola pesada de las duraciones de conexión a través de ajuste de una distribución de fase Tipo para su logaritmo de manera que no sólo la cola sino también la distribución general es bien adaptado.
- Se obtiene la distribución del número de clientes de forma simultánea presentes de una puesta en cola $Mt / G / 1$ modelo usando un argumento regenerativa novela que es transparente y evita la suposición habitualmente hecha de la partida de colas vaciar en un pasado infinito.
- Lo más importante, validación de modelos por comparación de sus predicciones y la confianza intervalos con los datos de prueba que no se utiliza en el montaje de los modelos.

b. “APROXIMACIÓN DE LA CALIDAD DE VOZ Y COBERTURA EN UNA RED GSM DE EMERGENCIA”

Autores : Luis Gaona García, Miguel Ávila y Elkin Muskus
Fuente : Reporte académico Universidad Nacional de Colombia
Ubicación : Universidad Nacional de Colombia
Año : 2014

Resumen

Este documento se muestran los resultados obtenidos al medir los parámetros de calidad de voz en una solución propuesta de telecomunicaciones para la atención de desastres en situaciones de emergencia, haciendo uso de software libre para interconectar llamadas, protocolos de comunicaciones empleados en las redes GSM en la banda DCS-1800, que facilita el uso de cualquier terminal móvil comercial, utilizando un USRP en conjunto con sistema de telefonía IP basado en Asterisk. El USRP se encarga de emular la operación de una BTS al ejecutar las funciones de un PBX, permitiendo la coordinación de las entidades responsables de responder y atender este tipo de emergencias. Las mediciones del desempeño de la red se realizaron a partir de tres parámetros probabilísticos: Grado de Servicio, Tasa de Llamada Interrumpida y Puntuación de Opinión Media. Con el uso de 8 terminales y escogiendo un GoS del 2% se generó un tráfico de hasta 3,6 Erlang. Esta medición se realizó empleando modelos probabilísticos de Erlang B.

c. **“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PARAMETROS PARA UNA ÓPTIMA CALIDAD DE SERVICIO EN TELEFONÍA IP”**

Autores : Cristian Eduardo Delgado Pereira
Fuente : Trabajo de Titulación
Ubicación : Universidad Astral de Chile
Año : 2006

Resumen

El presente trabajo de titulación está basado en el análisis y evaluación de los factores que influyen en la degradación de la voz, de manera tal de evidenciar las soluciones que permiten optimizar y evitar y/o responder de manera adecuada, para así proveer niveles óptimos de calidad de extremo a extremo en redes IP. Se describen y analizan los protocolos, como estándares que sustentan a la red IP, que hacen posible el tráfico de voz. Con esta información como antecedente, se estudia en detalle los elementos que proporcionan la base sólida del funcionamiento, de acuerdo a las diversas necesidades y situaciones que se puedan presentar.

De igual forma, como parte de esta investigación, se detallan los Servicios que es capaz de desarrollar una red de Telefonía IP además de la simple conectividad entre usuarios. Por último y no menos importante, se hace necesario considerar las implicaciones regulatorias de la Telefonía IP, asunto considerado de gran relevancia e impacto de cara al desarrollo del sector de las comunicaciones, siendo abordando este tema de manera global

2. Fundamentación teórica de la investigación

2.1 Teoría del WiFi:

Acrónimo para Wireless Fidelity; es el nombre comercial del estándar 802.11 de la IEEE. La función principal de esta tecnología es proveer un medio de transmisión inalámbrico para redes de área local (LAN) (Wi-Fi Alliance, Featured Topics: http://www.wifi.org/knowledge_center_overview.php). Se han desarrollado varias revisiones de 802.11, algunos permitiendo interconectividad con estándares anteriores. Los estándares IEEE 802.11b e IEEE 802.11g son los que han sido mayormente adaptados, con velocidades máximas de 11 Mbps y 54 Mbps respectivamente, incluida también la IEEE 802.11n que puede alcanzar velocidades hasta 120 Mbps, superando la velocidad de 100Mbps de las redes LAN cableadas Fast Ethernet (Wi-Fi Alliance, Featured Topics: http://www.wifi.org/knowledge_center_overview.php).

Redes de Infraestructura: Estas redes dependen de un equipo central de conexión para establecer contacto (WiFi Access Point); este a su vez debe actuar de puente ya sea hacia internet o hacia alguna red privada (Flikenger, Rob; Building Wireless Community Networks; O'Reilly Media; Primera Edición; 2003). El punto de acceso establece el máximo de equipos que pueden intercambiar datos en la red, además de hace la tareas de administración como registro de equipos, seguridad de la red, etc. Aun si no hay hosts asociados, el punto de acceso mantiene disponible los recursos para establecer conexión.

Voz sobre IP (VoIP) es un término general para reunir el grupo de tecnologías que permiten establecer comunicación telefónica a través de redes IP tales como internet o redes privadas. Estas tecnologías funcionan para dar servicios de comunicación tanto en una red privada, como permitir interconexiones con una red pública de

telefonía tradicional (PSTN) (Mahler, Paul; VoIP Telephony with Asterisk; Signate LLC; 2004)

Este grupo diverso de tecnologías inicialmente permite establecer servicios de comunicación utilizando la red internet (esquema conocido como Telefonía IP). Para lograrlo se da el proceso de conversión de la señal análoga de la voz a señales digitales, para luego ser sometidas a procesos de compresión/traducción de la señal a paquetes IP que luego se añaden a tramas Ethernet, para ser transmitidos desde una red IP (privada o por internet) hacia su destino. En el destino, el proceso se invierte para obtener voz de las señales digitales recibidas.

VoIP utiliza protocolos de control de sesión para establecer la señalización de inicio y fin de una llamada entre dos (Biswas, Morris; Opportunistic Routing In Multi-Hop Wireless Networks; Conferencia SIGCOMM 2005) terminales; además, utiliza un códec de audio que permite tratar la señal analógica y codificarla para transmitir el audio a través de la red IP. El códec utilizado en las llamadas puede variar en cada implementación. Algunas implementaciones permiten utilizar códec de alta compresión (menor consumo de banda ancha, menor calidad en el audio), hasta manejar sonido estéreo de alta fidelidad (mayor consumo de banda ancha) para las llamadas.

Wireless es un término que significa "SIN CABLES", y que designa a todos aquellos aparatos que, en su funcionamiento no requieren la conexión física entre él y otro para su intercomunicación.

La tecnología de redes inalámbricas ofrece movilidad y una instalación sencilla, además permite la fácil ampliación de una red. Es decir, que podemos estar en movimiento por nuestro colegio, instituto, empresa, casa, etc. sin perder la conectividad con Internet.

Esto es algo que actualmente está tomando gran importancia ya que con la evolución de las tecnologías el uso de Internet se ha multiplicado y

poder disponer de el en cualquier parte sin “ataduras” de cables es muy necesario.

Una red inalámbrica utiliza ondas de radio, al igual como lo hacen los teléfonos celulares, televisores y radios. De hecho, la comunicación a través de una red inalámbrica es muy similar a la comunicación por radio de dos vías. Esto es lo que sucede:

1. El adaptador inalámbrico de una computadora convierte los datos en una señal de radio y los transmite con una antena.
2. Un router inalámbrico recibe la señal y la decodifica. El router envía la información a Internet utilizando una conexión física, por cable Ethernet.

El proceso también funciona a la inversa con el router, al recibir información de la Internet la traduce en una señal de radio y es enviado al adaptador inalámbrico del equipo.

Los radios para la comunicación WiFi (Wireless Fidelity) son muy similares a los radios utilizados para walkie-talkies, teléfonos celulares y otros dispositivos. Se puede transmitir y recibir ondas de radio, también se pueden convertir 1s y 0s en ondas de radio y convertir las ondas de radio de vuelta a 1s y 0s. Pero los radios WiFi tienen algunas diferencias notables de otros radios: Ellos transmiten en frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz. Esta frecuencia es mucho mayor que las frecuencias utilizadas por los teléfonos celulares, walkie-talkies y las televisiones; con lo cual se puede concluir que la mayor frecuencia permite que la señal pueda transmitir más datos.

Los subestándares de Wi-Fi que actualmente más se están explotando en el ámbito comercial son:

- a) 802.11b: Pionero en 1999 y actualmente el más extendido, opera en la banda de los 2.4 GHz y alcanza una velocidad máxima de 11 Mb/sg.
- b) 802.11g: Estrenado en 2003, opera en la banda de los 2.4 GHz y alcanza una velocidad máxima de 54 Mb/sg.

Los términos más habituales, utilizados en este tipo de tecnología son:

2.2 Access Point: (Punto de Acceso o AP)

Es el dispositivo que hace de puente entre la red cableada y la red inalámbrica. Podemos pensar que es, de alguna manera, la antena a la que nos conectaremos.



Imagen-1. Puntos de Acceso

Fuente: Ing. Olga M. Quintanilla Ramírez (2005)

Estos dispositivos trabajan a unas determinadas frecuencias con un determinado ancho de banda, en el caso de tener que usar más de uno de estos puntos de acceso, para evitar que la señal que emite cada uno interfiera con el de otro, pueden trabajar en diferentes canales. Los canales existentes se muestran a continuación:

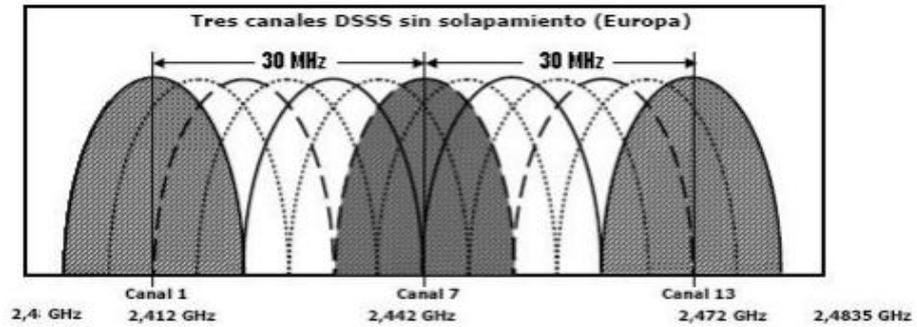


Imagen-2. Frecuencia y Ancho de Banda de Diferentes Canales

Fuente: Ing. Napoleón Regalado (2003)

Como se ha dicho antes este es un aspecto muy importante por lo que hay que cuidar que dos puntos de acceso que compartan zona de cobertura no se solapen sus anchos de banda, con lo cual debemos seleccionar adecuadamente los canales a usar.

2.3 Accesorio Wi-Fi

Es el accesorio adicional que usaremos para incorporar el estándar 802.11 a nuestro equipo (PDA, ordenador portátil o de sobremesa), en caso de no tener Wi-Fi integrado. Estos accesorios pueden encontrarse en formato de tarjetas PCMCIA (para portátil), PCI y USB (para ordenador de sobremesa) y se espera que muy pronto en formato SD (Secure Digital) para PDAs Palm OS.



Imagen-3. Dispositivos de Acceso remoto

Fuente: Ing. Olga M. Quintanilla Ramírez (2005)

2.4 Dirección IP: (IP Address)

Una dirección IP es una serie de números que identifica a nuestro equipo dentro de una red.

Distinguimos entre IP pública (ej. 80.20.140.56), cuando es la dirección que nos identifica en Internet (por ejemplo la IP de tu router ADSL en Internet) e IP privada (ej. 192.168.0.2), que es la dirección que identifica a un equipo dentro de una red local (LAN). Si pensamos en una red local con un router ADSL, los PCs o equipos conectados a la red tendrán sólo IP privada, mientras que el router tendrá una IP pública (su identificación en Internet) y una IP privada (su identificación en la red local).

2.5 Máscara de subred: (Subnet address)

Cifra de 32 bits que especifica los bits de una dirección IP que corresponde a una red y a una subred. Normalmente será del tipo 255.255.255.0

Puerta de enlace: (Gateway)

Es la dirección IP privada de nuestro router.

2.6 Servidores DNS: (DNS server)

Las páginas web también tienen su dirección IP pública y es a través de ésta dirección como en realidad nos conectamos a ellas. Pero claro, es más sencillo memorizar o escribir el nombre del dominio (<http://www.google.es/>) que su dirección IP (216.239.59.104).

Para no memorizar esos números tenemos los servidores DNS. Un servidor DNS es un servidor en donde están almacenadas las correlaciones entre nombres de dominio y direcciones IP. Cada vez que cargamos una página web, nuestro equipo (PDA, portátil u ordenador de sobremesa) envía una petición al servidor DNS para saber la dirección IP de la página que queremos cargar, y es entonces cuando hace la conexión. Los equipos dispondrán de "servidor DNS primario"

y "servidor DNS secundario". El primario es el "principal" y el secundario es el de emergencia que usará nuestro ordenador en caso de que el primario no funcione.

2.7 WEP: (Wired Equivalent Privacy)

Es un tipo de encriptación que soporta la tecnología Wi-Fi. Su codificación puede ir de 64 bits hasta 128 bits, utilizando código ASCII o Hexadecimal, en nuestro caso se utilizará 128 bits y código ASCII.

2.8 WPA: (WiFi Protected Access)

Es un tipo de encriptación que soporta la tecnología Wi-Fi. Su codificación se basa en el cambio periódico de las claves de acceso, de esta forma nos aseguramos de evitar que por medio de aplicaciones software consigan decodificar nuestra red.

2.9 SSID: (Service Set Identification)

Nombre con el que se identifica a una red Wi-Fi. Este identificador viene establecido de fábrica pero puede modificarse a través del panel de administración del Punto de Acceso y ponerle el nombre que queramos.

2.10 DHCP: (Dynamic Host Configuration Protocol)

Tecnología utilizada en redes que permite que los equipos que se conecten a una red (con DHCP activado) auto-configuren los datos dirección IP, máscara de subred, puerta de enlace y servidores DNS, de forma que no haya que introducir estos datos manualmente. Por defecto la mayoría de los routers ADSL y los Puntos de Acceso tienen DHCP activado, en nuestro caso estará deshabilitado para realizar las configuraciones manualmente.

2.11 Dirección MAC: (MAC address - Media Access Control address)

Es el código único de identificación que tienen todas las tarjetas de red. Nuestro accesorio Wi-Fi o nuestro PDA con Wi-Fi integrado, al ser un dispositivo de red, también tendrán una dirección MAC única.

Las direcciones MAC son únicas (ningún dispositivo de red tiene dos direcciones MAC iguales) y permanentes (ya que vienen preestablecidas de fábrica y no pueden modificarse).

2.12 Infraestructura:

Modo de conexión en una red wireless que define que nuestro equipo (PDA, portátil u ordenador de sobremesa) se conectará a un Punto de Acceso. El modo de conexión deberá de especificarse en la configuración de nuestro equipo o del accesorio Wi-Fi. Por defecto viene activado este modo.

2.13 Estructura de una red Wi-Fi básica

A continuación se muestra como es la estructura básica de una red inalámbrica formada por un router y un solo punto de acceso.

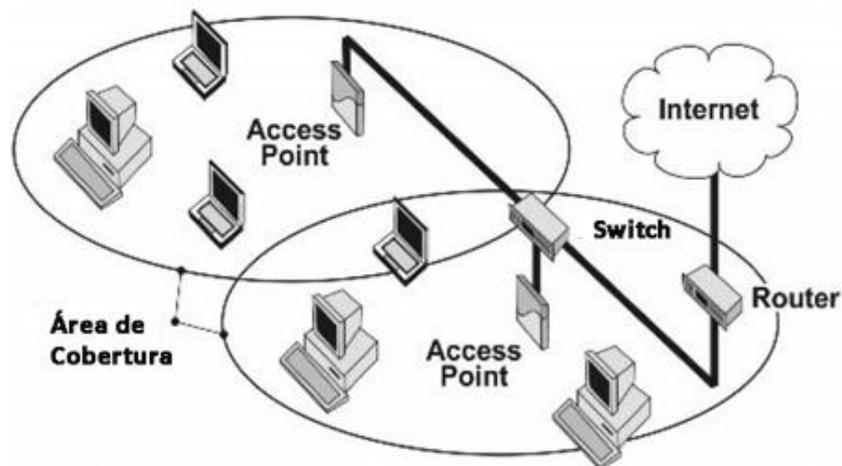


Imagen-4. Estructura Básica de una red Wi-Fi

Fuente: Ing. Olga M. Quintanilla Ramírez (2005)

2.14 Tráfico T

En conmutación telefónica, el tráfico es una medida de la ocupación de un sistema telefónico. El tráfico está relacionado con la cantidad de intentos generados a un sistema telefónico y 2 el tiempo promedio de las llamadas. Dos importantes factores a considerar para diseñar una red: servicio y costo.

2.15 Mediciones de Tráfico

- Erlang: Medida de la intensidad de tráfico (traffic load) de un circuito en una hora.
- BHCA (Busy Hour Call Attempts): Número de intentos de llamada en la hora cargada de un día.
- Average Holding Time (AHT): tiempo de duración 3 promedio de un intento completado.
- Intensidad de Tráfico = Cantidad de intentos completados en una hora * AHT
- 1 Erlang = 36 CCS (Centum Call Second, 100 seg.)

2.16 Unidad Erlang

El Erlang es una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico. Recibe el nombre del ingeniero danés A. K. Erlang, pionero de la teoría de colas.

El tráfico de un Erlang corresponde a un recurso (circuito, canal, etc.) utilizado de forma continua, o dos recursos utilizados al 50%, y así sucesivamente. Por ejemplo, si una oficina tiene dos operadores de teléfonos y ambos están ocupados durante todo el tiempo, esto representa 2 Erlangs de tráfico, o si un canal de radio está ocupado durante treinta minutos en una hora se dice que soporta un tráfico de 0.5 Erlangs.

De forma alternativa, un Erlang puede ser considerado como "multiplicador de utilización" por unidad de tiempo, así un uso del 100% corresponde a 1 Erlang, una utilización de 200% son 2 Erlangs,

y así sucesivamente. Por ejemplo, si el uso total del móvil en un área por hora es de 180 minutos, esto representa $180/60 = 3$ Erlangs. En general, si la tasa de llamadas entrantes es de λ por unidad de tiempo y la duración media de una llamada es h , entonces el tráfico A en Erlangs es:

$$A = \lambda h$$

Esto puede ser usado para determinar si un sistema está sobredimensionado o se queda corto (tiene demasiados o muy pocos recursos asignados). Por ejemplo, el tráfico medido sobre muchas horas de ocupación puede ser usado para un T1o un E1 para determinar cuántas líneas (troncales) debieran de utilizarse durante las horas de mayor ocupación.

El tráfico medido en Erlangs es usado para calcular el nivel de servicio o grado de servicio (GOS). Hay diferentes fórmulas para calcular el tráfico entre ellos: Erlang B, Erlang C y la fórmula de Engset; de las cuales utilizaremos la fórmula del Erlang-B.

2.17 Formula Erlang-B

Conocida como la fórmula de pérdida de Erlang, deriva de la probabilidad de bloqueo de la distribución de Erlang para describir la probabilidad de pérdida de llamada en un grupo de circuitos (en una red de circuitos conmutados, o equivalente). Se usa en la planificación de las redes telefónicas. La fórmula fue deducida por Agner Krarup Erlang y no se limita a las redes telefónicas, ya que describe una probabilidad en un sistema de colas (aunque se trata de un caso especial con un número de servidores, pero sin espacios de búfer para las llamadas entrantes que esperan a que un servidor quede libre).

La fórmula se aplica bajo la condición de que una llamada sin éxito, debido a que la línea está ocupada, no se pone en cola o se vuelve a intentar, se pierde para siempre. Se supone que los intentos de llamada

llegan conforme a un proceso de Poisson, por lo que las llegadas de llamada son independientes. Además se supone que las longitudes de los mensajes están exponencialmente distribuidas (sistema Markoviano); a pesar de esto, se puede aplicar en otras distribuciones de tiempo.

Erlangs es una cantidad adimensional que se calcula como la tasa promedio de llegada, λ , multiplicada por la longitud media de la llamada, h . (Ley de Little) La fórmula de Erlang B asume una población infinita de fuentes (por ejemplo, los abonados de teléfonos), que ofrecen conjuntamente el tráfico a N servidores (tales como enlaces en una ruta). La tasa de la llegada de nuevas llamadas (tasa de natalidad) es igual a λ y es constante, no en función del número de fuentes de activos, debido a que el número total de fuentes se asume que es infinito. La tasa de salida de la llamada (tasa de mortalidad) es igual al número de llamadas en curso dividido por h , la llamada de duración de tiempo media. La fórmula calcula la probabilidad de bloqueo en un sistema de pérdida, donde si una solicitud no es atendida inmediatamente cuando intenta utilizar un recurso, se anula. En las solicitudes, por tanto, no espera. El bloqueo se produce cuando hay una nueva solicitud de una fuente, pero todos los servidores ya están ocupados. La fórmula asume que el tráfico bloqueado inmediatamente está desactivado.

La fórmula proporciona el GoS (grado de servicio) que es la probabilidad P_b de que una nueva llamada que llega al grupo de circuito sea rechazada debido a que todos los servidores (circuitos) están ocupados:

$$P_b = B(A, m) = \frac{\frac{A^m}{m!}}{\sum_{i=0}^m \frac{A^i}{i!}}$$

Dónde:

- P_b es la Probabilidad de bloqueo
- m es el número de recursos tales como servidores o circuitos en un grupo
- $A = \lambda h$ es la cantidad total de tráfico ofrecido en erlangs

Como se ha indicado, uno de los grandes problemas de las redes Wi-Fi es que no proveen ningún mecanismo para dar prioridad a ciertos tipos de tráfico sobre otros (calidad de servicio). Eso es especialmente grave si se mezclan voz y datos en la misma red sin hilos. El nuevo estándar 802.11e da respuesta a este problema. Hace falta evaluar qué necesidad real, para un uso concreto, tenemos de mecanismos de éste estilo. Claro está que son convenientes en el caso de querer dar VoIP de buena calidad, todo y que hay despliegues con tecnología 802.11g que ofrecen el servicio sencillamente dimensionando la red para que haya capacidad excedente sobradamente, y por lo tanto, no haya nunca "atascos".

Aplicar técnicas de emisión y recepción basadas en sistemas de múltiples antenas, que permiten aprovechar las reflexiones de la señal en paredes, árboles, etc. Tal como se ha explicado para el estándar 802.11n, se pueden transformar estas reflexiones, que en principio provocan interferencias, en una fuente adicional de información para reconstruir mejor la señal original, y obtener así un sistema más eficiente y más robusto. 802.16e introduce entonces el uso de más de una antena en cada punto de acceso y en cada terminal, de manera que se puedan aprovechar las reflexiones y combinarlas para obtener una señal mejor. Al mismo tiempo, se puede enviar más de una señal a la vez (diversas antenas). Combinando ambos efectos, se consigue una transmisión más eficaz y más robusta, lo cual es crucial en entornos móviles. Esta técnica se llama MIMO (Multiple-input, Multiple-output), y en el caso de WiMAX se combina con AAS (Adaptive Antenna System). Esta segunda mejora permite no sólo combinar las señales de diversas antenas, sino que las características de emisión de cada antena se adaptan a las condiciones de potencia y ruido de cada receptor individual, y mejoran todavía más la recepción.

En la actualidad se transmite a través de las redes de transmisión de información todo tipo de tráfico tales como dato, video y voz teniendo en cuenta las ventajas que esto reporta.

2.18 Transmisión Wi-Fi

La transmisión de video y voz a través de una red IP convencional presenta una serie de retos, debido a las necesidades específicas de este tipo de tráfico, que fuerzan a que los elementos de red deban poseer ciertas características necesarias para el buen funcionamiento del servicio. Si esto es cierto en redes cableadas, lo es mucho más en redes WiFi puesto que en este último caso, el medio es compartido, no solo con interferencias y elementos externos, si no con el resto de los clientes.

La transmisión de datos, como pueden ser ficheros de un servidor, correo electrónico o páginas web, es un tráfico poco exigente. El servicio demanda la mayor velocidad de transmisión y la menor pérdida de paquetes posible.

Es cierto que en las redes inalámbricas estos dos parámetros no son tan fácil de optimizar como en las redes cableadas, pues las velocidades de transmisión son menores y siempre existe alguna interferencia externa, o simple colisión entre clientes, lo que provocará alguna pérdida.

El usuario lo que apreciará es la velocidad de acceso a los datos, pero a no ser que esta se reduzca por debajo de un cierto umbral que la haga inaceptable, y ese umbral dependerá de la aplicación, no habrá una mayor exigencia.

La pérdida de paquetes, ya sea por causa de un tráfico excesivo para la red, por interferencias o cualquier otra causa, provocará video de calidad deficiente, mostrándose los típicos cuadros, cortes de sonido o chasquidos.

La duplicación y reordenación de paquetes es un fenómeno que sucede en las redes más habitualmente de lo que se cree, y en video es importante, pues si se produce y no se detecta, gracias a la inclusión de algún protocolo junto con los algoritmos pertinentes en los clientes, dará como resultado que se muestre información que no corresponde con el instante y fotograma en curso, con la consecuente degradación en la calidad de la imagen y sonido. Las ráfagas son algo habitual en sistemas de comunicación que adolecen de congestión.

Las necesidades del tráfico de voz, en este caso voz sobre IP (VoIP), son análogas a la del video, puesto que se trata de un servicio que no permite pérdida de información y que precisa de una temporización muy estricta. Sin embargo, existen dos diferencias con respecto al servicio de video. La primera es que aunque es necesario que se garantice un ancho de banda y que este dependerá del sistema de codificación de la voz que utilice el sistema, esta velocidad de transmisión será mucho menor que en caso del video.

La segunda diferencia a tener en cuenta es que la latencia es un parámetro importante para la voz. Si esta es alta, la red no será apta para conversaciones de voz, pues un retraso mínimo es percibido muy negativamente por los usuarios.

La tecnología WiFi y WiMAX permiten implementaciones de QoS. En la tecnología WiMAX se garantiza la QoS a nivel MAC.

En la tecnología WiFi se definió el protocolo IEEE 802.11e para la implementación de QoS el cual agrega un campo al protocolo 802.11 para el control de la QoS, permitiendo diferenciar los tipos de tráfico para darle un trato diferenciado a estos.

2.19 Central Telefonica (PBX)

Sus siglas significan Private Branch Exchange, la traducción sería central telefónica privada. En esencia se debe conectar a la red pública

de teléfono o de algún proveedor para gestionar las llamadas entrantes, internas y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Las funciones principales están disponibles a continuación:

- Establecer las llamadas entre dos o más usuarios.
- Mantener la comunicación en el tiempo que lo requiera el usuario.

Pero no solamente las PBX tienen que ser dispositivos físicos, en la actualidad existe la opción de PBX virtual, que es un software que se comporta de la misma manera que una PBX física y reduce los costos y espacio físico a los proveedores de telefonía. Para este estudio, presentamos Elastix como el software de PBX virtual indicado.

2.20 Elastix

Es un servidor unificado de telecomunicación que es de código abierto que contiene los siguientes servicios los cuales son IP PBX, email, mensajería instantánea y fax. También incluye una interfaz web que permite una total administración del sistema por otro lado brinda capacidad de realizar llamadas desde la línea de comandos y también desde la interfaz web.

Las funcionalidades de Elastix son brindadas por proyectos de código abierto: Asterisk en la telefonía VoIP, HylaFax en el servicio de fax digital, OpenFire como servidor de mensajería instantánea y PostFix como manejador de correo electrónico. En la actualidad Elastix soporta la gran mayoría de hardware existente en el mercado, incluye drivers para grandes empresas tales como OpenVox, Digium y Xorcom por mencionar algunos, también soporta los protocolos SIP e IAX. En lo que refiere a equipos Elastix tiene aceptación por los productos de las empresas las cuales Polycom, Atcom, Linksys y Cisco. Elastix es una alternativa sencilla de implementar si se desea brindar los servicios antes mencionados.

2.21 Wimax

Es una definición de las siglas World Wide Web Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas). Es una norma de transmisión de datos usando ondas de radio. Una de las características que contiene es que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. Desde el punto de vista conceptual es un protocolo que está bajo el estándar 802.16 de la IEEE, operando con un alcance de transmisión cercano a los 55km de radio (Flickenger, Rob; Building Wireless Community Networks; O'Reilly Media; Primera Edición; 2003)

3. Definición de términos básicos

- **WiFi:** Mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.
- **WiMax:** Interoperabilidad mundial para acceso por microondas.
- **QoS:** Calidad de Servicio.
- **VoIP:** Llamadas a través de la red de internet.
- **AAS:** Sistema de Antena Adaptada para conexiones WiMax.
- **Erlangs:** Unidad de medida.
- **Gos:** Grado de Servicio.
- **Erlang B:** Unidad de medida en base a la probabilidad de bloqueo
- **PBX:** Central telefónica privada, establecer las llamadas entre dos o más usuarios el tiempo necesario.
- **MIMO:** Múltiples entradas y salidas, se refiere la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos.
- **BHCA:** (Busy Hour Call Attempts): Número de intentos de llamada en la hora cargada de un día.
- **Average Holding Time (AHT):** tiempo de duración 3 promedio de un intento completado.
- **Access Point:** Punto de Acceso o AP

- **Accesorio Wi-Fi:** Equipo utilizado para poder conectarse inalámbricamente desde una PC.
- **Dirección IP:** Es un número que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una Interfaz en red de un dispositivo.
- **Máscara de subred:** (Subnet address)
- **Puerta de enlace:** (Gateway)
- **Servidores DNS:** (DNS server)
- **WEP:** (Wired Equivalent Privacy) valor de seguridad mínimo para la clave de acceso inalámbrico.
- **WPA:** (WiFi Protected Access) valor de seguridad medio para la clave de acceso inalámbrico.
- **SSID:** (Service Set Identification) nombre o identificador de la red inalámbrica.
- **DHCP:** (Dynamic Host Configuration Protocol) protocolo de configuración para asignar automáticamente una dirección IP a un usuario de la red.
- **Dirección MAC:** (MAC address - Media Access Control address) dirección física única de las tarjetas de red de los equipos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y

PROCEDIMIENTOS

1. Materiales:

1.1. Población

Llamadas que puedan realizarse teniendo como elemento de acceso un AP perteneciente a WiFi UPAO.

1.2. Muestra

De acuerdo a la disponibilidad de recursos y materiales, se podrán realizar 60 observaciones a 14 usuarios durante 1 hora, esto nos da un total de 900 mediciones que servirán como muestra.

1.3. Unidad de Análisis

Tráfico telefónico resultante de las pruebas de llamadas realizadas

1.4. Metodología

La metodología empleada en el presente proyecto de tesis será por medio del método inductivo, se tomará el modelo matemático para la determinación de parámetros de tráfico de voz IP según modelo Erlang B, mediante las mediciones realizadas, para aplicar un estudio teórico en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

Para la metodología, se empleará la siguiente estructura:



O1 : Mediciones de tiempos de ocupación, llamadas exitosas, llamadas fallidas, intento de llamadas exitosas, intento de llamadas fallidas a llevarse a cabo dentro del pabellón D del campus de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

X : Estimación analítica de tráfico de voz IP y grado de servicio.

R : Determinación de Tráfico Ofrecido, Grado de Servicio y Número de Troncales equivalentes según modelo de tráfico Erlang B.

1.5. Variables y definición operacional

1.5.1 Variable Independiente.

Mediciones de llamadas de voz IP en el laboratorio UPAO

Definición conceptual

Se refiere a la realización de pruebas de llamadas voz IP entre clientes conectados a un punto de acceso de la red WIFI UPAO, con cobertura en los laboratorios de telecomunicaciones de la escuela de Ingeniería Electrónica UPAO.

Definición operacional

Dado un determinado número de intentos de llamadas, algunas llamadas se encaminarán correctamente y otras tendrán resultado fallido. Las pruebas se realizan durante un tiempo de observación cuantificando la duración de cada una y la duración total de tosa las llamadas realizas.

- N° de pruebas de llamadas
- N° llamadas realizadas
- N° llamadas perdidas
- N° llamadas no procesadas
- Tiempo de ocupación de cada llamada
- Tiempo total de ocupación
- Tiempo de observación

1.5.2 Variable Dependiente.

Capacidades de tráfico wifi UPAO según modelo Erlang B

Definición conceptual

Se refiere a la determinación del grado de pérdida, tráfico ofrecido y número de troncales equivalentes, resultantes de las mediciones realizadas en el laboratorio de Telecomunicaciones de Ingeniería Electrónica campus UPAO.

Definición operacional

Con un determinado número de troncales o elementos de tráfico de voz de acuerdo al modelo Erlang B, se podrá determinar un determinado grado de servicio y definir el tráfico ofrecido hacia los usuarios.

- Tráfico ofrecido
- Grado de pérdida
- Número de troncales según modelo Erlang B

Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	INSTRUMENTO	FÓRMULA	UNIDAD MEDIDA
Mediciones de tráfico voz IP en el laboratorio UPAO	N° de pruebas de llamadas	Guía de observación	-----	dBm
	N° llamadas realizadas	Guía de observación	-----	Tasa BER.
	N° llamadas perdidas	Guía de observación	----	N° llamadas fallidas
	N° llamadas no procesadas	Guía de observación	----	N° llamadas no enlazadas
	Tiempo de ocupación de cada llamada	Guía de observación	----	Segundos
	Tiempo total de ocupación	Guía de observación	----	Segundos

Operacionalización de la Variable Dependiente.

Variable	Indicadores	Instrumento	Fórmula	Unidades de medida
Capacidades de tráfico wifi UPAO según modelo Erlang B Definición conceptual	Tráfico soportado	Estimación analítica.	-	Erlang
	Grado de pérdida	Estimación analítica.	-	%
	Número de troncales según modelo Erlang B	Estimación analítica	-	---

1.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Información recopilada mediante procedimiento de pruebas respecto de tasas de llamadas e intentos de llamadas de voz exitosas y defectuosas:

Prueba N°1: En la Primera Prueba Realizada empezó a las 7:00 pm el día 17/05/16 el tiempo de llamada por usuario duro 14 minutos y cada una empezando en tiempos diferentes (cada usuario 1 min después del otro), a cada usuario se le brindo una hoja con información del número, nombre y tiempo de duración de la llamada a hacer, y una descripción de la llamada (concretada o no concretada). Mientras las llamadas continuaban su curso los usuarios podían establecer las llamadas de manera satisfactoria uno después del otro (se evidenció el establecimiento de la llamada en cada usuario viendo el numero marcado y como ingresaba al menú al que se le re-direccionaba). Casi finalizando la prueba el usuario N° 13 (usuario 2005 – Ing. Albertis Florian) indico que no pudo ingresar al menú y que la llamada se cortó automáticamente. El resultado de esta prueba nos dio que 13 usuarios pudieron conectarse de manera satisfactoria y solo 1 no pudo concretar la llamada.

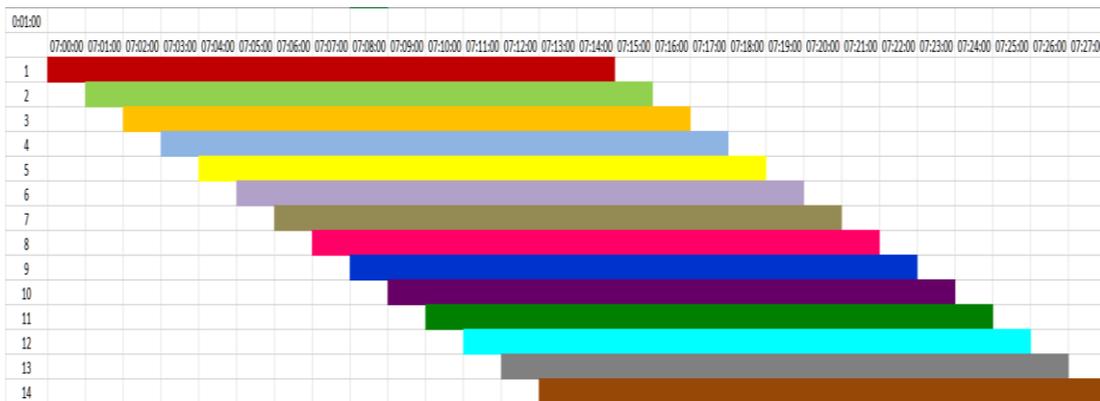


Imagen-5. Prueba de 14 min por usuario en escalera

Prueba N°2: En la Segunda Prueba Realizada empezó a la 7:30 pm del día 17/05/16. El tiempo de llamada por usuario fue incrementándose de 1 minuto hasta 14 minutos y todas las llamadas empezaron al mismo tiempo. Cada usuario se le brindo una hoja con información del número, nombre y tiempo de duración de la llamada a hacer, y una descripción de la llamada (concretada o no concretada). Mientras las llamadas continuaban su curso los usuarios podían establecer las llamadas de manera satisfactoria uno después del otro (se evidenció el establecimiento de la llamada en cada usuario viendo el numero marcado y como ingresaba al menú al que se le re-direccionaba). El resultado de esta prueba nos dio que los 14 usuarios pudieron conectarse de manera satisfactoria.

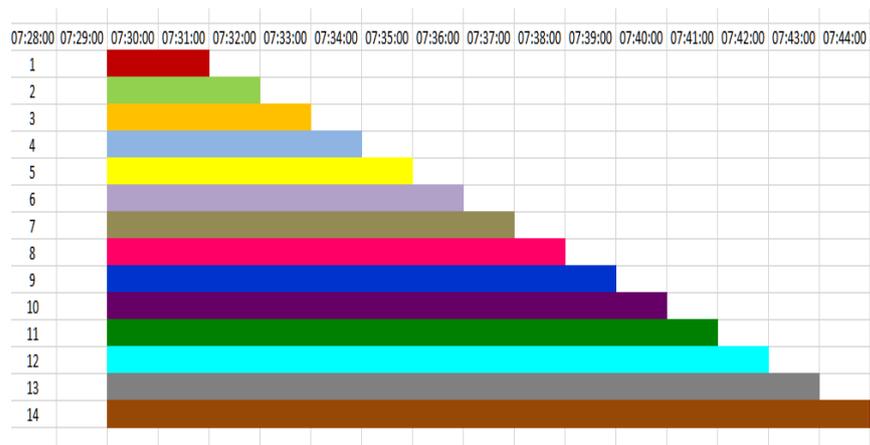


Imagen-6. Prueba Simultánea

Prueba N°3: En la Tercera Prueba Realizada fue denominada prueba de accesibilidad la cual empezó a la 7:47 pm el día 17/05/16 en la cual los usuarios hacían llamadas que duraban 1 min dejando 1 min de diferencia, se hizo que la mitad de los usuarios de manera saltada empezaran las llamadas desde las 7:47 pm y hagan 7 llamadas, y la otra mitad empezando desde las 7:48 pm y hagan 6 llamadas; a cada usuario se le brindo una hoja con información del número, nombre y tiempo de duración de la llamada a hacer, y una descripción de la llamada (concretada o no concretada). Mientras las llamadas continuaban su

curso los usuarios podían establecer las llamadas de manera satisfactoria uno después del otro (se evidenció el establecimiento de la llamada en cada usuario viendo el numero marcado y como ingresaba al menú al que se le re-direccionaba). El resultado de esta prueba nos dio que los 14 usuarios pudieron realizar las llamadas sin problemas.

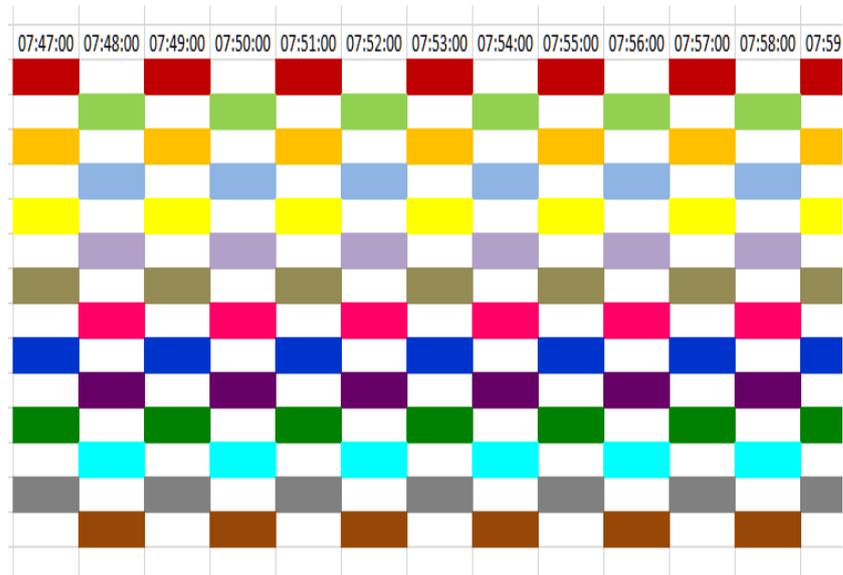


Imagen-7. Prueba de accesibilidad

La siguiente imagen (Imagen-08) muestra la información relacionada a las diferentes pruebas realizadas en el proceso de recolección de datos y los resultados totales almacenados en una sola tabla con el fin de poder identificar los valores necesarios para poder utilizarlos en la determinación del índice de llamadas que no ingresaron por el tráfico VoIP en un Access Point del Wi-Fi UPAO.

Pruebas de Llamadas Laboratorio Ing. Electrónica																					
Fecha		17/05/2016																			
LLAMADAS REALIZADAS AL 555 IVR			PRUEBA N° 1		PRUEBA N° 2		PRUEBA N° 3		PRUEBA N° 4		PRUEBA N° 5		PRUEBA N° 6		PRUEBA N° 7		PRUEBA N° 8		PRUEBA N° 9		
ANEXO	N°	ANEXO	DETALLES DE USUARIO	LLAM. CONSECUTIVAS		LLAM. SIMULTÁN		ACCESIBILIDAD													
				INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
	1	2015	ARAUJO MACHUCA, SAUL ANDRE	19:00	19:14	19:30	19:31	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	2	2009	CUBA GERMAN, VICTOR ALEXANDER	19:01	19:15	19:30	19:32	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		
	3	2016	CUNIA CHÁVEZ, ANIBAL STEIFAN	19:02	19:16	19:30	19:33	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	4	2008	ESAINE LEON, LUCIA DE FATIMA	19:03	19:17	19:30	19:34	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		
	5	2001	HURTADO ERICK	19:04	19:18	19:30	19:35	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	6	2018	MONTENEGRO GONZALES, ANTHONY WILLIAMS	19:05	19:19	19:30	19:36	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		
	7	2007	PANTA COLLANTES, LUIS MARCOS	19:06	19:20	19:30	19:37	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	8	2014	SÁNCHEZ ABANTO, VÍCTOR RAFAEL	19:07	19:21	19:30	19:38	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		
	9	2012	VASQUEZ RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO	19:08	19:22	19:30	19:39	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	10	2013	CARRANZA CARRETERO, RENZO	19:09	19:23	19:30	19:40	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		
	11	2011	LINARES QUIROZ, CESAR DANIEL	19:10	19:24	19:30	19:41	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	12	2020	VELASQUEZ MORAN, EZEQUIEL ALEJANDRO	19:11	19:25	19:30	19:42	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		
	13	2005	ING. ALBERTIS FLORIAN	19:12	19:26	19:30	19:43	19:47	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00
	14	2021	ALEJANDRO CORTUO	19:13	19:27	19:30	19:44	19:48	19:49	19:50	19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59		

Imagen-8. Imagen de las Pruebas de llamadas realizadas

N°	ANEXO	DETALLES DE USUARIO	PRUEBA N° 1				PRUEBA N° 2									
			LLAM. CONSECUTIVAS		Duración	Descripción	LLAM. SIMULTÁNEA		Duración	Descripción						
			INICIO	FIN			INICIO	FIN								
1	2015	ARAUJO MACHUCA, SAUL ANDRE	19:00	19:14			19:30	19:31								
2	2009	CUBA GERMAN, VICTOR ALEXANDER	19:01	19:15			19:30	19:32								
3	2016	CUNIA CHÁVEZ, ANIBAL STEIFAN	19:02	19:16			19:30	19:33								
4	2008	ESAINÉ LEON, LUCIA DE FATIMA	19:03	19:17			19:30	19:34								
5	2001	HURTADO ERICK	19:04	19:18			19:30	19:35								
6	2018	MONTENEGRO GONZALES, ANTHONY WILLIAMS	19:05	19:19			19:30	19:36								
7	2007	PANTA COLLANTES, LUIS MARCOS	19:06	19:20			19:30	19:37								
8	2014	SÁNCHEZ ABANTO, VÍCTOR RAFAEL	19:07	19:21			19:30	19:38								
9	2012	VÁSQUEZ RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO	19:08	19:22			19:30	19:39								
10	2013	CARRANZA CARRETERO, RENZO	19:09	19:23			19:30	19:40								
11	2011	LINARES QUIROZ, CESAR DANIEL	19:10	19:24			19:30	19:41								
12	2020	VELASQUEZ MORAN, EZEQUIEL ALEJANDRO	19:11	19:25			19:30	19:42								
13	2005	ING. ALBERTIS FLORIAN	19:12	19:26			19:30	19:43								
14	2021	ALEJANDRO CORTIJO	19:13	19:27			19:30	19:44								
			PRUEBA N° 3													
			ACCESIBILIDAD								Duración	Descripción				
			INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN				
			19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00				
			19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59						
			19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00				
			19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59						
			19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00				
			19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59						
			19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00				
			19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59						
			19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00				
			19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59						
			19:51	19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59	20:00				
			19:52	19:53	19:54	19:55	19:56	19:57	19:58	19:59						

Imagen-9. Ficha de recolección de datos

CAPITULO IV

RESULTADOS

1. Resultados

Resultados de pruebas de llamadas

- A partir de los resultados de las pruebas de llamadas se obtendrán las tasas de llamadas exitosas, llamadas caídas, intentos de llamada exitosos, intentos de llamada defectuosos.
- A partir de los datos de llamadas, intentos de llamadas, tiempos de ocupación y de observación, se obtendrán las estimaciones para el volumen de tráfico soportado, Tráfico Ofrecido y el número de troncales que soportaría el Access Point del 2do piso Pabellón D WiFi-UPAO.

Pruebas de Llamadas Laboratorio Ing. Electrónica														
Fecha		17/05/2016												
LLAMADAS REALIZADAS AL 555 IVR														
N°	ANEXO	DETALLES DE USUARIO	PRUEBA N° 1	PRUEBA N° 2	PRUEBA N° 3	PRUEBA N° 4	PRUEBA N° 5	PRUEBA N° 6	PRUEBA N° 7	PRUEBA N° 8	PRUEBA N° 9	VOLUMEN DE TRÁFICO (min)	N° llamadas exitosas	N° llamadas caídas
			LLAM. CONSECUTIVAS	LLAM. SIMULTÁNEAS	ACCESIBILIDAD									
			TIEMPO OCUP. (min)	TIEMPO OCUP. (min)	TIEMPO OCUP.									
1	2015	ARAUJO MACHUCA, SAUL ANDRE	14	1	1	1	1	1	1	1	1	22	9	
2	2009	CUBA GERMAN, VICTOR ALEXANDER	14	2	1	1	1	1	1	1		22	8	
3	2016	CUNIA CHÁVEZ, ANIBAL STEIFAN	14	3	1	1	1	1	1	1	1	24	9	
4	2008	ESAINÉ LEON, LUCIA DE FATIMA	14	4	1	1	1	1	1	1		24	8	
5	2001	HURTADO ERICK	14	5	1	1	1	1	1	1	1	26	9	
6	2018	MONTENEGRO GONZALES, ANTHONY WILLIAMS	14	6	1	1	1	1	1	1		26	8	
7	2007	PANTA COLLANTES, LUIS MARCOS	14	7	1	1	1	1	1	1	1	28	9	
8	2014	SÁNCHEZ ABANTO, VÍCTOR RAFAEL	14	8	1	1	1	1	1	1		28	8	
9	2012	VASQUEZ RODRIGUEZ, CESAR EDUARDO	14	9	1	1	1	1	1	1	1	30	9	
10	2013	CARRANZA CARRETERO, RENZO	14	10	1	1	1	1	1	1		30	8	
11	2011	LINARES QUIROZ, CESAR DANIEL	14	11	1	1	1	1	1	1	1	32	9	
12	2020	VELASQUEZ MORAN, EZEQUIEL ALEJANDRO	14	12	1	1	1	1	1	1		32	8	
13	2005	ING. ALBERTIS FLORIAN	14	13	1	1	1	1	1	1	1	34	8	1
14	2021	ALEJANDRO CORTUO	14	14	1	1	1	1	1	1		34	8	
TOTAL											392	118	1	
Volumen de Tráfico medido											392	min		
Tiempo de Observación											60	min		
Intensidad Tráfico (It)											6,53	erlangs		
Grado de Pérdida											0,85	%		

Imagen-10. Pruebas realizadas

Como se ve en la imagen anterior (Imagen-10) podemos ver que el primer usuario realizó con éxito en las tres pruebas de llamadas realizadas lo mismo sucede con el segundo usuarios y así sucesivamente hasta llegar al treceavo usuario donde podemos observar una llamada fallida en la primera prueba. La prueba realizada al final nos da en los resultados un total de 392 minutos con 118 llamadas realizadas exitosamente y una llamada fallida.

Determinación del equivalente Erlang B

		Erlang B (Blocked Calls Cleared)															
		$P = \frac{A^N}{N!} \div \sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!}$															
No. of Trunks (N)	Traffic (A) in erlangs for P=																
	0,1%	0,2%	0,5%	1%	1,2%	1,3%	1,5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%
1	0,001	0,002	0,005	0,010	0,012	0,013	0,02	0,020	0,031	0,053	0,075	0,111	0,176	0,250	0,429	0,667	1,00
2	0,046	0,065	0,105	0,153	0,168	0,176	0,19	0,223	0,282	0,381	0,470	0,595	0,796	1,00	1,45	2,00	2,73
3	0,194	0,249	0,349	0,455	0,489	0,505	0,53	0,602	0,715	0,899	1,06	1,27	1,60	1,93	2,63	3,48	4,59
4	0,439	0,535	0,701	0,869	0,922	0,946	0,99	1,09	1,26	1,52	1,75	2,05	2,50	2,95	3,89	5,02	6,50
5	0,762	0,900	1,13	1,36	1,43	1,46	1,52	1,66	1,88	2,22	2,50	2,88	3,45	4,01	5,19	6,60	8,44
6	1,15	1,33	1,62	1,91	2,00	2,04	2,11	2,28	2,54	2,96	3,30	3,76	4,44	5,11	6,51	8,19	10,4
7	1,58	1,80	2,16	2,50	2,60	2,65	2,73	2,94	3,25	3,74	4,14	4,67	5,46	6,23	7,86	9,80	12,4
8	2,05	2,31	2,73	3,13	3,25	3,30	3,40	3,63	3,99	4,54	5,00	5,60	6,50	7,37	9,21	11,4	14,3
9	2,56	2,85	3,33	3,78	3,92	3,98	4,08	4,34	4,75	5,37	5,88	6,55	7,55	8,52	10,6	13,0	16,3
10	3,09	3,43	3,96	4,46	4,61	4,68	4,80	5,08	5,53	6,22	6,78	7,51	8,62	9,68	12,0	14,7	18,3
11	3,65	4,02	4,61	5,16	5,32	5,40	5,53	5,84	6,33	7,08	7,69	8,49	9,69	10,9	13,3	16,3	20,3
12	4,23	4,64	5,28	5,88	6,05	6,14	6,27	6,61	7,14	7,95	8,61	9,47	10,8	12,0	14,7	18,0	22,2
13	4,83	5,27	5,96	6,61	6,80	6,89	7,03	7,40	7,97	8,83	9,54	10,5	11,9	13,2	16,1	19,6	24,2
14	5,45	5,92	6,66	7,35	7,56	7,65	7,81	8,20	8,80	9,73	10,5	11,5	13,0	14,4	17,5	21,2	26,2
15	6,08	6,58	7,38	8,11	8,33	8,43	8,59	9,01	9,65	10,6	11,4	12,5	14,1	15,6	18,9	22,9	28,2
16	6,72	7,26	8,10	8,88	9,11	9,21	9,39	9,83	10,5	11,5	12,4	13,5	15,2	16,8	20,3	24,5	30,2
17	7,38	7,95	8,83	9,65	9,89	10,0	10,19	10,7	11,4	12,5	13,4	14,5	16,3	18,0	21,7	26,2	32,2
18	8,05	8,64	9,58	10,4	10,7	10,8	11,00	11,5	12,2	13,4	14,3	15,5	17,4	19,2	23,1	27,8	34,2
19	8,72	9,35	10,3	11,2	11,5	11,6	11,82	12,3	13,1	14,3	15,3	16,6	18,5	20,4	24,5	29,5	36,2
20	9,41	10,1	11,1	12,0	12,3	12,4	12,65	13,2	14,0	15,2	16,3	17,6	19,6	21,6	25,9	31,2	38,2

Imagen-11. Tabla de Erlang B posibles respuestas

Discusión de resultados

Con los resultados hallados anteriormente podemos ver que con un total de 14 troncales y variando el grado de pérdida se pueden obtener diversos tipos de resultados en base a Erlang B desde 5245 Erlang B con un grado de pérdida de 0,1% hasta 26,2 Erlang B con un grado de pérdida del 50%.

V. Conclusiones

Se implementó un sistema asterisk en un la plataforma CENTOS para poder administrar las llamadas con el asteriskNOW así como la interfaz gráfica asteriskGUI para gestionar dichas llamadas y usando la tecnología 802.11n con ayuda de un accespoint similar al que es usado en el pabellón D del campus de la universidad Privada Antenor Orrego y se usó para poder realizar las llamadas al AP CISCO 1250 en los dispositivos móviles de los usuarios la aplicación ZOIPER IAX SIP VOIP Softphone para poder hacer las mediciones hechas.

Se llegaron a realizar mediciones de 109 llamadas, generándose un volumen de tráfico medido en un tiempo de observación de 60 minutos de acuerdo al modelamiento Erlang B. Se evidenció asimismo 01 llamadas fallida lo cual también es considerado dentro del modelo para la determinación del grado de pérdida.

De acuerdo con el modelamiento Erlang B, el equivalente de recursos de tráfico de voz para un access point perteneciente a la red WiFi – UPAO es un equivalente de 14 troncales, medido con un grado de pérdida de 0.5 % y un tráfico generado de 6.53 Erlang. Esto permite otros puntos de referencia para el diseño con diversos grados de pérdida.

VI. Recomendaciones

- Debido a que solo se tuvo acceso a un access point equivalente al que se emplea en el Pabellón D sin antenas externas y existiendo más configuraciones y modelos empleados en el campus UPAO, se recomienda realizar pruebas con mayor cantidad de access point y otros modelos en interiores y exteriores.
- Mantener las pruebas en un área cercana al Access Point de manera de que los desvanecimientos de señal no afecten a la calidad de las llamadas.

VII. Referencias Bibliográficas

- Carballar, Jose Antonio. (2008). Voip: La Telefonía De Internet. Madrid. ISBN: 9788-4896-0058-4
- Verma, Pramode K. (2011). Voice Over Ip Networks: Quality Of Service, Pricing And Security. Berlin, Heidelberg. Springer eBooks. ISBN: 9783642143304
- Cristian Eduardo Delgado Pereira. (2006) “Análisis Y Evaluación De Parametros Para Una Óptima Calidad De Servicio En Telefonía IP”. Trabajo de Titulación. Universidad Austral de Chile. Chile.
- Amitabha Ghosh. (2011) Modeling and Characterization of Large-scale Wi-Fi Traffic in Public Hot-Spots. Universidad de Princeton. Nueva Jersey. Estados Unidos
- Luis Gaona García, Miguel Ávila y Elkin Muskus. (2014) Aproximación De La Calidad De Voz Y Cobertura En Una Red Gsm De Emergencia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- <http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/curso-iniciacion-wifi.pdf>
Carlos Giménez Advanced Communications Research & Development. S.A Centro Desarrollo Tecnológico de la UC Avda Los Castros S/N 39005 Santander
- <https://www.researchgate.net/publication/48227749> Diseno de un I SP para la transmision de Voz Datos y Video Con Qos con Tecnologia Inalambrica para proveer de Internet Inalambrico al Valle de Tumbaco

DISEÑO DE UN ISP PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ, DATOS Y VIDEO CON QoS CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA, PARA PROVEER DE INTERNET INALÁMBRICO AL VALLE DE TUMBACO (CHRISTIAN RAMIRO FLORES MESA)

- <http://www.um.edu.ar/catedras/claroline/backends/download.php?url=L1RlbGVmb27tYS9UcuFmaWNvX1RlbGVmb25pY29fUmV2MS5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=IT002>

Capítulo I – Telefonía Basica Ing. Roberto L. Inzirillo

- http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/Telecomunicacion/es/ing_com_inalam/modulo3/Trafico%20telefonico.pdf

Tráfico Telefónico Móvil (Ing. Edgar Velarde)

- file:///C:/Users/PC-PERSONAL/Desktop/DO_PROM_VoIP_V0.pdf

VoIP: una puerta hacia la convergencia (Marcos Valiño García Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos Universidad de Vigo Email: liru@ptg.es Versión 2.1: Junio 1999)

- <http://mjv.viegasociados.com/wp-content/uploads/2011/05/VoIP.pdf>

Conceptos y problemática de la Voz sobre IP (VoIP) - Dra. Esc. María José Viega.

- <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13358/ice%2044%2010.pdf?sequence=1>

Redes Wlan con Access Point (Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica) – Iván Ahuja Torres, Rodrigo Arriaga Roque, Leslie Medellín Gómez, Angélica Mendoza Sánchez.

- http://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias_wifi_wimax.pdf

LAS TECNOLOGÍAS WIFI Y WIMAX

ANEXOS

1. Datasheet router cisco 1250

Item	Specification
Part Numbers	<p>Access point platform with pre-installed radio modules:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AIR-AP1252AG-x-K9 802.11a/g/n 2.4/5-GHz Standalone AP; 6 RP-TNC • AIR-AP1252G-x-K9 802.11g/n 2.4-GHz Standalone AP; 3 RP-TNC • AIR-LAP1252AG-x-K9 802.11a/g/n 2.4/5-GHz Unified AP; 6 RP-TNC • AIR-LAP1252G-x-K9 802.11g/n 2.4-GHz Unified AP; 3 RP-TNC <p>Individual components:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AIR-AP1250= Standalone AP Platform (no radio modules); Spare • AIR-LAP1250= Unified AP Platform (no radio modules); Spare • AIR-RM1252A-x-K9= 802.11a/n 5-GHz Radio Module; 3 RP-TNC • AIR-RM1252G-x-K9= 802.11g/n 2.4-GHz Radio Module; 3 RP-TNC • AIR-AP1250MNTGKIT= 1250 Series Ceiling, Wall Mount Bracket kit- Spare <p>Eco-pack:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AIR-LAP1252-x-K9-5 Eco-pack 802.11a/g/n 2.4/5 GHz Unified AP-5 qty (A, E, N Reg domains only) • AIR-AP1252-N-K9-5 Eco-pack 802.11a/g/n 2.4/5 GHz Standalone AP-5 qty (N Reg domain only) <p>Customers are responsible for verifying approval for use in their individual countries. To verify approval and to identify the regulatory domain that corresponds to a particular country, please visit http://www.cisco.com/go/aironet/compliance.</p>
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco IOS[®] Software Release 12.4(21a)JA or later (Standalone Mode) • Cisco IOS Software Release 12.4(10b) JDD or later (Unified Mode) • Cisco Unified Wireless Network Software Release 7.0 or later
802.11n Capabilities	<ul style="list-style-type: none"> • 2x3 MIMO with two spatial streams • Maximal Ratio Combining (MRC) • 20-and 40-MHz channels • PHY data rates up to 300 Mbps • Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx) • 802.11 DFS (Bin 5) • Cyclic Shift Diversity (CSD) support

Data Rates Supported	802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps				
	802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps				
	802.11n data rates (2.4 GHz and 5 GHz):				
	MCS Index[1]	GI[2] = 800ns		GI = 400ns	
		20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)
	0	6.5	13.5	7.2	15
	1	13	27	14.4	30
	2	19.5	40.5	21.7	45
	3	26	54	28.9	60
	4	39	81	43.3	90
	5	52	108	57.8	120
	6	58.5	121.5	65	135
	7	65	135	72.2	150
	8	13	27	14.4	30
	9	26	54	28.9	60
	10	39	81	43.3	90
11	52	108	57.8	120	
12	78	162	86.7	180	
13	104	216	115.6	240	
14	117	243	130	270	
15	130	270	144.4	300	

Frequency Band and 20-MHz Operating Channels	A (A Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels • 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels • 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels (excludes 5.600 to 5.640 GHz) • 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels C (C Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels • 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels 	K (K Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels • 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels • 5.500 to 5.620 GHz, 7 channels • 5.745 to 5.805 GHz, 4 channels N (N Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels • 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels • 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels P (P Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels • 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels
	E (E Reg Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels • 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels • 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels I (I Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.472 GHz, 13 channels 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	S (S Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels • 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels • 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels T (T Regulatory Domain): <ul style="list-style-type: none"> • 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels • 5.280 to 5.320 GHz; 3 channels • 5.500 to 5.700 GHz, 11 channels 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels
<p>Note: This varies by regulatory domain. Refer to the product documentation for specific details for each regulatory domain.</p>		
Maximum Number of Non-Overlapping Channels	2.4 GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11b/g: <ul style="list-style-type: none"> ◦ 20 MHz: 3 • 802.11n: <ul style="list-style-type: none"> ◦ 20 MHz: 3 	5 GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11a: <ul style="list-style-type: none"> ◦ 20 MHz: 21 • 802.11n: <ul style="list-style-type: none"> ◦ 20 MHz: 21 ◦ 40 MHz: 9
<p>Note: This varies by regulatory domain. Refer to the product documentation for specific details for each regulatory domain.</p>		

Receive Sensitivity	802.11b -90 dBm @ 1 Mb/s -89 dBm @ 2 Mb/s -87 dBm @ 5.5 Mb/s -85 dBm @ 11 Mb/s	802.11g -87 dBm @ 6 Mb/s -86 dBm @ 9 Mb/s -83 dBm @ 12 Mb/s -82 dBm @ 18 Mb/s -81 dBm @ 24 Mb/s -80 dBm @ 36 Mb/s -75 dBm @ 48 Mb/s -74 dBm @ 54 Mb/s	802.11a -86 dBm @ 6 Mb/s -85 dBm @ 9 Mb/s -82 dBm @ 12 Mb/s -81 dBm @ 18 Mb/s -80 dBm @ 24 Mb/s -79 dBm @ 36 Mb/s -74 dBm @ 48 Mb/s -73 dBm @ 54 Mb/s
	2.4-GHz 802.11n (HT20) -86 dBm @ MC0 -85 dBm @ MC1 -84 dBm @ MC2 -83 dBm @ MC3 -80 dBm @ MC4 -75 dBm @ MC5 -74 dBm @ MC6 -73 dBm @ MC7 -86 dBm @ MC8 -85 dBm @ MC9 -84 dBm @ MC10 -83 dBm @ MC11 -80 dBm @ MC12 -75 dBm @ MC13 -74 dBm @ MC14 -73 dBm @ MC15	5-GHz 802.11n (HT20) -85 dBm @ MC0 -84 dBm @ MC1 -83 dBm @ MC2 -82 dBm @ MC3 -79 dBm @ MC4 -74 dBm @ MC5 -73 dBm @ MC6 -72 dBm @ MC7 -85 dBm @ MC8 -84 dBm @ MC9 -83 dBm @ MC10 -82 dBm @ MC11 -79 dBm @ MC12 -74 dBm @ MC13 -73 dBm @ MC14 -72 dBm @ MC15	5-GHz 802.11n (HT40) -85 dBm @ MC0 -84 dBm @ MC1 -83 dBm @ MC2 -79 dBm @ MC3 -76 dBm @ MC4 -71 dBm @ MC5 -70 dBm @ MC6 -69 dBm @ MC7 -85 dBm @ MC8 -84 dBm @ MC9 -83 dBm @ MC10 -79 dBm @ MC11 -76 dBm @ MC12 -71 dBm @ MC13 -70 dBm @ MC14 -69 dBm @ MC15

Maximum Transmit Power	2.4GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11b <ul style="list-style-type: none"> ◦ 23 dBm with 1 antenna • 802.11g <ul style="list-style-type: none"> ◦ 20 dBm with 1 antenna • 802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 17 dBm with 1 antenna ◦ 20 dBm with 2 antennas 	5GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11a <ul style="list-style-type: none"> ◦ 17 dBm with 1 antenna • 802.11n non-HT duplicate (802.11a duplicate) mode <ul style="list-style-type: none"> ◦ 17 dBm with 1 antenna • 802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 17 dBm with 1 antenna ◦ 20 dBm with 2 antennas • 802.11n (HT40) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 17 dBm with 1 antenna ◦ 20 dBm with 2 antennas
<p>Note: The maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations. Refer to the product documentation for specific details.</p>		
Available Transmit Power Settings	2.4GHz <ul style="list-style-type: none"> 23 dBm (200 mW) 20 dBm (100 mW) 17 dBm (50 mW) 14 dBm (25 mW) 11 dBm (12.5 mW) 8 dBm (6.25 mW) 5 dBm (3.13 mW) 2 dBm (1.56 mW) -1 dBm (0.78 mW) 	5GHz <ul style="list-style-type: none"> 20 dBm (100 mW) 17 dBm (50 mW) 14 dBm (25 mW) 11 dBm (12.5 mW) 8 dBm (6.25 mW) 5 dBm (3.13 mW) 2 dBm (1.56 mW) -1 dBm (0.78 mW)
<p>Note: The maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations. Refer to the product documentation for specific details.</p>		

Antenna Connectors	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4-GHz: 3 RP-TNC connectors • 5-GHz: 3 RP-TNC connectors 		
Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45) • Management console port (RJ45) 		
Indicators	<ul style="list-style-type: none"> • Status LED indicates operating state, association status, error/warning condition, boot sequence, and maintenance status. • Ethernet LED indicates activity over the Ethernet, status. • Radio LED indicates activity over the radio, status. 		
Modularity	<ul style="list-style-type: none"> • Number of radio module slots: 2 • Available radio modules 		
	Part Number	Description	Maximum per AP1250 platform
	AIR-RM1252A-x-K9	2.4 802.11a/n-d2.0 5-GHz Radio Module; 3 RP-TNC	1
	AIR-RM1252G-x-K9	802.11g/n-d2.0 2.4-GHz Radio Module; 3 RP-TNC	1
Dimensions (W x L x H)	<ul style="list-style-type: none"> • AP (without mounting bracket): 8.12 x 9.52 x 2.35 in. (20.62 x 24.18 x 5.97 cm) • AP (with mounting bracket): 8.12 x 9.52 x 2.75 in. (20.62 x 24.18 x 6.99 cm) 		
Weight	<ul style="list-style-type: none"> • AP with 2 radios installed: 5.1 lbs (2.31 kg) • AP chassis: 2.1 lbs (0.95 kg) • 2.4 GHz radio: 1.5 lbs (0.68 kg) • 5 GHz radio: 1.5 lbs (0.68 kg) 		
Environmental	<p>Nonoperating (storage) temperature: -40 to 185°F (-40 to 85°C)</p> <p>Operating temperature: -4 to +131°F (-20 to +55°C)</p> <p>Operating humidity: 10 to 90 percent (noncondensing)</p>		
System Memory	<ul style="list-style-type: none"> • 64 MB DRAM • 32 MB flash 		
Input Power Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • AP1250: 36 to 57 VDC • Power Supply and Power Injector: 100 to 240 VAC; 50 to 60 Hz 		

<p>Compliance</p>	<p>Standards</p> <ul style="list-style-type: none"> • Safety: <ul style="list-style-type: none"> ◦ UL 60950-1 ◦ CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1 ◦ UL 2043 ◦ IEC 60950-1 ◦ EN 60950-1 • Radio approvals: <ul style="list-style-type: none"> ◦ FCC Part 15.247, 15.407 ◦ RSS-210 (Canada) ◦ EN 300.328, EN 301.893 (Europe) ◦ ARIB-STD 33 (Japan) ◦ ARIB-STD 66 (Japan) ◦ ARIB-STD T71 (Japan) ◦ AS/NZS 4268.2003 (Australia and New Zealand) ◦ EMI and susceptibility (Class B) ◦ FCC Part 15.107 and 15.109 ◦ ICES-003 (Canada) ◦ VCCI (Japan) ◦ EN 301.489-1 and -17 (Europe) ◦ EN 60601-1-2 EMC requirements for the Medical Directive 93/42/EEC • IEEE Standard: <ul style="list-style-type: none"> ◦ IEEE 802.11a/b/g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11h, IEEE 802.11d • Security: <ul style="list-style-type: none"> ◦ 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA ◦ 802.1X ◦ Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) • EAP Type(s): <ul style="list-style-type: none"> ◦ Extensible Authentication Protocol-Transport Layer Security (EAP-TLS) ◦ EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2) ◦ Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2 ◦ Extensible Authentication Protocol-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST) ◦ PEAPv1 or EAP-Generic Token Card (GTC) ◦ EAP-Subscriber Identity Module (SIM) • Multimedia: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Wi-Fi Multimedia (WMM™) • Other: <ul style="list-style-type: none"> ◦ FCC Bulletin OET-65C ◦ RSS-102
<p>Calculated Mean Time Between Failure (MTBF)</p>	<p>380,000 hours</p>

(Datasheet completo en:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/product_data_sheet0900aecd806b7c5c.html)

2. Fotografías de Trabajo



Imagen-A1. Prueba de Llamadas Laboratorio



Imagen-A2. Prueba de Llamadas



Imagen-A3. Prueba de Llamadas Laboratorio



Imagen-A5. Usuarios 1



Imagen-A6. Usuarios 2